

der Unterlage, worauf er steht, mit der umgebenden Luft, die Nadel des Multiplikators unausgesetzt um 40 bis 60° abgelenkt wird; ja! daß schon durch bloße momentane Berührung der einen Fläche der Säule mit der flachen Hand, oder nur mit einem Finger, oder durch Anhauchen derselben, vorübergehende Abweichungen der Nadel entstehen, und daß selbst mit größter Leichtigkeit ein continuirlicher Strom erregt werden kann, wenn man z. B. die eine Fläche an die Fensterscheibe eines geheizten Zimmers anlegt. Der Erfinder glaubt, daß, durch geschickte Benützung der Umstände, mit gleicher Leichtigkeit ein beständiger elektrischer Strom von gleichmäßiger Stärke durch die Säule erzeugt werden könne, wie er zur elektrischen Telegraphie erforderlich ist. Pogg. Ann. Bd. 47, S. 451.

§. 107.

Anwendung der Thermo-Säule als Wärmemesser. Das magnetische Thermometer und Pyrometer. **Becquerel's** und **Dutrochet's** Magneto-Thermometer zu Erforschung der Eigenwärme kaltblütiger Thiere und Pflanzen.

Da schon durch ganz schwache Erwärmung oder Erkältung der Lötstelle zweier Metalle, die in der thermo-elektrischen Spannungsreihe weit von einander liegen, ein Strom in diesen erweckt wird, der sich durch Wirkung auf ein empfindliches Galvanometer bemerklich macht (§. 105.): so giebt der Thermo-Magnetismus ein vorzügliches Mittel an die Hand, geringe Grade von Wärme, die durch die gewöhnlichen Thermometer wegen unzureichender Empfindlichkeit nicht mehr angezeigt werden, zu erforschen und zu messen. Die Erfahrung hat bestätigt, daß die thermo-elektrische Säule in dieser Hinsicht die Stelle eines jeden andern Differential-Thermometers ersetzen kann; indem die Empfindlichkeit derselben, wenn sie als magnetisches Thermometer benutzt wird, so groß ist, daß sie selbst Tausendtheile eines Centesimalgrades noch signirt. Nobili und Melloni (der sich dazu einer bessern Einrichtung der in §. 106. beschriebenen Becquerel'schen Säule bediente) machten auf diesem Wege höchst interessante Entdeckungen über Wärmestrahlung, die in Pogg. Ann. Bd. 20. u. 27, und in Schweigg. Journ. Bd. 53. mitgetheilt sind. Wird z. B. der Mittelpunkt der Becquerel'schen

Säule, wo die einen Löthstellen nahe bei einander liegen, in den Brennraum eines Hohlspiegels gebracht, und dieser den verschiedenen Wänden eines Zimmers zugekehrt: so zeigt die mit jener in Verbindung stehende Galvanometer-Nadel, von dem dadurch erregten thermo-electrischen Strome afficirt, genau die Verschiedenheit der strahlenden Wärme an, welche von den Wänden ausgestrahlt wird. Eben so wird die Nadel auch bewegt, wenn durch ein Linsenglas Wärme in die Convergenzstelle der einzelnen Ketten concentrirt wird. Eine aus Bismuth und Spiesglanz zusammengesetzte Säule diente den genannten Gelehrten auch zu Experimenten über die eigenthümliche Lebenswärme der Insekten. Andere Apparate zu dergleichen Wärmestrahlungsverfuchen sind in dem Repert. v. D. u. M. Bd. 1, S. 356. aufgeführt. Eine zwar weniger empfindliche Batterie, als eine aus Antimon und Bismuth gebildete, die aber leichter anzufertigen und zu einem Differential-Thermometer sehr gut brauchbar ist, giebt eine Combination von etwa 24 Paaren ganz dünnen und  $1\frac{1}{2}$ " langen Stücken Platin- und Eisendraht, die der Länge nach an einander gelöthet und in der §. 106. gedachten Methode Votto's um ein Lineal gebogen werden. Da nämlich, bei manchen Versuchen dieser Art, der Eindruck einer sehr schnell vorübergehenden Wärmeerregung bestimmt werden soll: so kommt es weniger auf eine große Empfindlichkeit und auf eine weite Ablenkung der Galvanometer-Nadel, als vielmehr darauf an, daß in dem magnetischen Thermometer durch die Einwirkung der zu prüfenden Wärme schnell genug ein constanter Strom sich erzeuge, durch den auch die Nadel bald (und nicht erst nach langem Traversiren) in eine constante Ablenkung gebracht wird \*) und daß nach Entfernung der Wärmequelle eben so schnell das magnetische Thermometer auf seine ursprüngliche Temperatur (zur Wärme-Indifferenz) und die Nadel in ihre Ruhelinie zurückkehre. Diesen

\*) Bei sehr empfindlichen magnetischen Thermometern ist dieses nicht der Fall, und die Nadel nimmt bei diesen erst nach vielen Oscillationen eine stationäre Ablenkung an. Um dieses zu verhindern, ist vorgeschlagen worden, die Schwingungen der Nadel durch eine darunter angebrachte Kupferscheibe zu beeinträchtigen (§. 100.); allein es wird dadurch dem Uebelstande nur theilweise abgeholfen. Melloni suchte daher die Brauchbarkeit seines Instrumentes dadurch herzustellen, daß er den Grad der einfließenden Wärme nach dem Verhältniß der Größe des Bogens, um welchen die Nadel bei dem ersten Impuls abwich, zu dem, den sie bei der bleibenden Ablenkung machte, durch Rechnung bestimmte.

Vorthheil gewährt der eben beschriebene Apparat aus Platin- und Eisendraht. Gewöhnlich schon nach zwei Minuten nimmt die zu ihm gehörige Magnetnadel eine feste Stellung an, und eben so bald tritt sie, wenn der Wärmequell entfernt wird, auf 0 zurück; besonders, wenn die Entfernung des erstern nicht zu plötzlich, sondern allmählich erfolgt, und dadurch größere Schwingungen der Nadel vermieden werden. — Ein ebenso schätzbares Mittel bietet das Magneto-Thermometer zur Untersuchung der Temperatur an Orten dar, wohin unsere gewöhnlichen Thermometer nicht gebracht werden können, z. B. von dem Wasser in tiefen Brunnen und in der Tiefe des Meeres, von der Luft in Bergwerken und in andern Tiefen des Erdbodens. Eine einfache Kette aus einem Stück Eisen- und Kupferdraht, die mit ihren einen Enden zusammengelöthet und mit den andern Enden mit den Drahtenden eines Multiplikators innigst verbunden sind, ist dazu geeignet. Man senkt die Löthstelle derselben z. B. bis zu der zu untersuchenden Meeres-tiefe ein, während die Verbindungsstellen der Kette mit dem Multiplikator außerhalb durch künstlichen Frost abgekühlt werden — wo dann die Magnetnadel durch den Bogen ihrer Abweichung die Temperatur der untersuchten Stelle anzeigt. Becquerel hat durch diese Methode die Temperatur der See bis zu einer Tiefe von 1000 Fuß genau bestimmt. Peltier brauchte, um die Temperatur eines tiefen Brunnens zu untersuchen, eine thermoelektrische Kette, die aus einem 42 Meter langen Eisenz- und aus einem eben so langen Kupferdraht bestand. Die eine der Löthstellen ward in den Brunnen eingesenkt, die andere blieb in dem Zimmer des Beobachters, wo ein in die Kette eingeschalteter Multiplikator die Anzeige machte, welche Strömung die vorherrschende war. Die obere Löthstelle wurde in eine Flüssigkeit getaucht, und die Temperatur der letztern so lange gesteigert oder vermindert, bis die Nadel in dem Multiplikator auf 0 zu stehen kam, und dadurch das Zeichen gab, daß die Temperatur beider Löthstellen gleich war. Durch ein in die Flüssigkeit gehaltenes Thermometer erfuhr er dann den Grad der Temperatur des Brunnenwassers. Mit Hilfe einer ähnlichen Kette, deren eine Junktur sich über den Firsten seiner Wohnung befindet, erforscht derselbe Physiker die Temperatur der Atmosphäre in einer Höhe von 23 Meter über der Oberfläche der Erde, und knüpft an das Gelingen dieser Versuche selbst die Hoffnung, sie mittels eines

kleinen Aërostaten in noch weit größeren Höhen messen zu können. Wenn bei dem Messen der Temperatur von Wässern die Beobachtung nicht fehlerhaft werden soll; so darf eine Vorsichtsmaßregel nicht versäumt werden, die gegen die mögliche Einwirkung eines hydro-electrischen Stromes gerichtet ist, welcher durch die ungleiche Wirkung der Flüssigkeit auf die verschiedenen Metalle erregt werden kann. Man hat dazu empfohlen, die Metalldrähte mit Ueberzügen von Theer oder Harz zu versehen. Da aber dergleichen Hüllen leicht schadhast werden können, so räth Peltier, die Metalldrähte lieber zu verzinnen, dadurch ihnen Homogenität zu geben und nur die zusammengelötheten Enden der Drähte bloß zu lassen, und diese selbst in Glasröhren hermetisch zu verschließen. —

Durch einen in der Form von den bisherigen Magneto-Thermometern abweichenden thermo-magnetischen Apparat sind von Dutrochet und Becquerel mittels subtiler Versuche auch sehr dankenswerthe Aufschlüsse in Bezug auf die selbstständige innere Lebenswärme der kaltblütigen Thiere und der Pflanzen-Organismen gegeben worden. Es hat dieser Apparat entweder die Form von Fig. 58. a, und besteht dann in zwei metallenen Nadeln **KE**, **KE**, wovon eine jede aus einem gleich langen Stück Eisens- und Kupferdraht durch Löthung (bei **e** und **d**) zusammengesetzt ist. Die freien Enden **a** und **b** der Eisendrähte sind mit einem bogenförmigen Eisendraht **A**, und die freien Enden **e** und **f** der Kupferdrähte mit den Endstücken eines Galvanometers von nur wenigen Windungen und mit Nobil'schen Magnetsnadeln in Verbindung. Die Löthstellen **c** und **d** werden bei dem Experimentiren in das Innere der Pflanzen, deren Temperatur-Differenz ermittelt werden soll, gebracht, indem man mit den Nadeln bis zu ihren Löthstellen dieselben von einer Seite zur andern durchsticht. Oder er hat besser, besonders bei seiner Anwendung auf thierische Organismen, die Form von Fig. 58. b, wo die Eisendrähte **EE** mit dem Eisendrahtbogen **A** ein Continuum ohne Löthung bilden, und an den freien Enden **c** und **d** des Drahtes jederseits ein gleich starker und langer Kupferdraht **K** und **K** angelöthet ist\*), so daß folglich die Löthstellen der Nadeln

\*) Zu feinen Experimenten ist die genaueste Uebereinstimmung in der Stärke und Länge der Metalldrähte, in den Nadeln und in der Art ihrer Löthung,

sich nicht in der Mitte, sondern an den Enden befinden. Diese stumpfspitzigen Löthstellen, welche fein genug seyn müssen, um leicht und ohne Zerstörung der Lebenshätigkeit der Organismen in diese eingestochen werden zu können — zu welchem Zwecke die an ihnen zusammenstoßenden verschiedenen Drähte ganz nahe an einander liegen, und fast parallel eine Strecke weit neben einander hinlaufen, nur durch eine Lackschicht getrennt (welche theils sie gegenseitig isoliren, theils eine etwaige Drydation und die Mitwirkung eines fremden elektro-chemischen Stromes verhüten soll) — werden beim Gebrauche des Apparates einige Linien tief in die Körper eingesenkt, deren Temperatur man mit einander vergleichen will; und dann die Enden e und f der Kupferdrähte mit dem Galvanometer in Verbindung gesetzt, in welchem das Nobili'sche Nadelpaar sodann die geringste Differenz der Temperatur der beiden Löthstellen nach der Größe des dadurch erzeugten elektrischen Stromes durch seine Abweichung anmeldet, und so auf indirektem Wege die Wärme mißt. Bei den Versuchen auf die Eigenwärme der Pflanzen wurden von Dutrochet Stengel von lebenden und von ebenso dicken, durch 5 Minuten langes Ein-tauchen in 50° C. heißes Wasser getödteten Pflanzen gewählt, welche ganz nahe bei einander, um die Einmischung einer Temperatur-Veränderung durch ungleiche Verdunstungskälte in dem todten und lebenden Pflanzen-Organismen entfernt zu halten, in einer Glasglocke standen, deren Luft durch von dem Boden derselben verdunstendes Wasser so mit Wasser gesättigt wurde, daß die Ausdünstung sowohl der todten als der lebenden Pflanze aufgehoben war. Die eine Löthspitze c des Apparates (Fig. 58. h) wurde in die noch vegetirende, die Spitze d in die getödtete Pflanze so tief eingeführt, daß die Löthstelle just sich in der Achse derselben befand — und als Resultat nach einer großen Zahl von Experimenten gewonnen, daß alle Vegetabilien

ein wesentliches Erforderniß. Man muß daher dieselben vor ihrer Anwendung darauf prüfen; was nach Dutrochet so geschieht, daß man die beiden Spitzen der Löthstellen gleich tief neben einander in ein mit Del gefülltes Gefäß taucht, das man ein wenig über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmt hat. Sind die Nadeln in allen ihren Verhältnissen gleichstimmend, so behält die Nadel in dem Multiplikator ihre Ruhelage bei; ist dieses nicht der Fall, so weicht die Nadel nach der einen oder der andern Seite ab, und ist daher nicht brauchbar.

einen geringen Grad von ihnen eigner Lebenswärme besitzen, welche einem täglichen Parorysmus unterworfen ist, und des Tages über mehrere Mal steigt und fällt. Bei den Untersuchungen über die Eigenwärme im Innern kaltblütiger Thiere (z. B. der Insekten, Frösche, auf die besonders Becquerel vielen Fleiß verwendete) wurde, analog mit dem obigen Verfahren, die eine Löthspitze in den Körper (in das Abdomen) eines lebenden Thieres, die andere in den eines mit heißem Wasser getödteten von gleicher Art und Größe eingebracht, welche ebenfalls in einer mit Wasser gesättigten Luft enthaltenden Glasglocke, auf Stäbchen festgebunden, sich befanden, und dadurch der durch Verdunstung bewirkten Abkühlung entzogen waren. Als Resultat dieser Forschungen, für welche übrigens Becquerel noch keine Vollständigkeit vindicirt, ergab sich, daß auch den Thieren mit kaltem Blute eine die Temperatur des sie umgebenden Mediums übersteigende Lebenswärme eigen ist; aber auch diese in viel geringeren Graden, als bisher von andern Beobachtern, z. B. von Spallanzani, Berthold, Davy (die, um die kleine Kugel eines Thermometers in den Körper der zu untersuchenden Insekten bringen zu können, diese bedeutend verwunden mußten, und die Temperatur derselben daher nicht in ihrem natürlichen Zustande, sondern in dem schmerzhaften einer Verwundung untersuchten) bei Versuchen mittels des gewöhnlichen Thermometers ausgemittelt worden war. —

Um den Schmelzpunkt von Metallen, die nur bei sehr starker Hitze schmelzen, z. B. des Silbers, Goldes und Stahls, zu bestimmen, hat Pouillet ein magnetisches Pyrometer angepriesen, welches ein Flintenlauf mit zwei angelötheten Platindrähten ist, die mit einem Multiplikator aus 25 Bindungen eines ganz schmalen und dünnen Kupferstreifens in Verbindung sind. Eine in diesem schwebende Magnemadel zeigt durch die Größe ihrer Ablenkung den Schmelzpunkt des zu prüfenden Metalles, wenn eine Löthstelle der Kette in dieses gebracht wird, in Graden eines gewöhnlichen Thermometers an \*).

\*) An eine andere nützliche Anwendung der thermo-elektrischen Kette, nämlich zur Prüfung der Metalle auf ihre Reinheit oder Vermischung mit andern Metallen, ist (§. 105. \*) erinnert worden.